@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@

L'ANALISI DEL RISCHIO

ELEMENTO INTEGRANTE

DELLA PROGETTAZIONE E DELLA GESTIONE

DEGLI IMPIANTI FUNIVIARI

-------------------------------------

**GIORGIO PAOLINI**

**ordinario di Costruzione di Macchine**

**Politecnico di Milano**

@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@

1.BREVE PREMESSA.

Nella panoramica ingegneristica relativa alla progettazione, costruzione e gestione degli impianti a fune si stanno delineando interessanti aspetti derivanti dalla consapevolezza che le nuove più avanzate conoscenze tecniche e scientifiche in corso di acquisizione ed approfondimento in vari ambiti di ricerca e sperimentazione operativa consentono di estendere al settore costruttivo meccanico (ed in esso annoveriamo il settore degli impianti a fune) metodologie di tipo probabilistico che gai' da tempo hanno trovato applicazioni soprattutto nelle tecniche di controllo della produzione e del collaudo in altri settori ingegneristici.

Su tale base, si va prospettando la possibilità' di formulare procedure diagnostiche e prognostiche di tipo avanzato che, superando le valutazioni previsionali basate sulla logica deterministica fino a qualche tempo fa imperante, consentano di prendere decisioni operative, tenendo conto del grado di attendibilità' dei termini di volta in volta considerati e quindi di operare sulla base di scelte condizionate dal rischio.

In tali condizioni, la aleatorietà diventa un fattore imprescindibile dalla pratica ingegneristica e impone la esigenza di introdurre strumenti per un suo controllo, sia pure in termini probabilistici:  *E' così che il* rischio *entra a far parte del bagaglio tecnico e della sua terminologia dell'ambiente funiviario.*

-----------------------------------------------------------------------

2. **INTRODUZIONE AL CONCETTO DI RISCHIO.**

2.1. QUALCHE ELEMENTO DI RIFERIMENTO. Si e' affermato che una impostazione probabilistica di numerosi problemi tecnici ed ingegneristici e' ormai acquisita in molti ambiti operativi: finora pero', in ambito progettuale e gestionale meccanico non e' stata conseguita una sistemazione sufficientemente consolidata delle conoscenze necessarie per gli obiettivi operativi; pertanto si ritiene necessario premettere un breve richiamo dei termini cui si fa uso.

2.1.1. Nelle considerazioni esposte nella presente memoria, la generalità dei concetti richiede innanzitutto la assunzione di generalità dell'oggetto in discussione: così qui si parlerà del *manufatto* come opera concretamente realizzata e facente eventualmente parte di un sistema meccanico, intendendosi comunque che le considerazioni esposte, ove non specificato diversamente, siano estensibili agli impianti funiviario o ai loro componenti.

2.1.2. Un manufatto che sia in grado di realizzare le finalità per le quali esso è stato concepito ed utilizzato dicesi "funzionante": esso è in altre parole dotato della specifica sua "funzionalità ". La transizione di un manufatto dallo stato *funzionante* allo stato *non funzionante* viene qui definito come *guasto*.

2.1.3. La funzionalità del manufatto, perché possa essere concretamente utilizzata, richiede che l'uso del manufatto stesso ("*fruizione*") sia compatibile con vincoli imposti da esigenze di vario ordine, estranee alla sfera tecnica, derivanti dalle conseguenze che il suo impatto ha sulla realtà entro cui si opera; la conformità del manufatto alle limitazioni conseguenti a tali vincoli è definita come "*fungibilità* " del manufatto.

2.2. I condizionamenti posti alla "fungibilità " del manufatto derivano da diversi aspetti della sua interazione con l'ambito sociale; alcuni dei piu' significativi sono qui di seguito elencati.

2.2.1. Condizionamenti di natura etica. La fruizione del manufatto non deve comportare, nell'ambito delle norme di uso, contravvenzioni alle norme morali: sotto tale aspetto si richiamano qui, ad esempio, le norme di deontologia professionale degli addetti a tutte le operazioni che vanno dalla ideazione all'uso del manufatto.

2.2.2. Condizionamenti di carattere giuridico: essi contemplano tutti i vincoli imposti dalla Legge nei riguardi della fruizione del manufatto e comprendono, tra gli altri, il rispetto sia delle norme generali e particolari, nei casi in cui sussistano, del Diritto, sia delle specifiche normative tecniche; si ricordano come particolarmente significative quelle relative alla sicurezza degli ambienti di lavoro, quelle riguardanti la salvaguardia della integrità di persone e cose di terzi , le eventuali limitazioni di pubblicità legate alla difesa ed alla sicurezza dello Stato, ecc. In molti casi, le norme di Legge conferiscono carattere cogente ad esigenze derivanti da altre fonti .

2.2.3. Condizionamenti di carattere socio-culturale: essi riguardano i vincoli imposti dalla ricettività del mercato, in relazione ad aspetti particolari dell'impatto che su di esso esercita la fruizione del manufatto. Si possono così avere condizionamenti di tipo estetico (legati all'apprezzamento o meno della morfologia e del design del manufatto, o comunque la sua rispondenza a canoni vigenti piu' o meno codificati) , di tipo culturale (livello di complessità nell'uso adeguato alle capacità dell'utenza, capacità del mercato di recepire certi contenuti innovativi); altri importanti, condizionamenti, in parte peraltro anche codificati per Legge, riguardano le valutazioni dell'impatto che la fruizione eventuale ha sui parametri ambientali,ecc. In questo ambito di condizionamenti può essere anche annoverata la immagine, intesa come recepimento soggettivo della capacità del manufatto di soddisfare le attese della utenza, con le necessarie interessanti connessioni con gli aspetti economici ricordati nel paragrafo successivo.

2.2.4. Condizionamenti di carattere economico; questi sono strettamente legati ai termini di valutazione dell'impatto della fruizione del manufatto sui parametri economici del microambiente e/o del macroambiente entro cui la fruizione stessa è inserita; non secondarie sono comunque, nei casi in cui la rilevanza del problema lo imponga, eventuali valutazioni di ordine più’ generale connesse con la programmazione economica degli Enti coinvolti ai diversi livelli di gerarchia .

2.2.5. Condizionamenti di tipo istituzionale; il manufatto, quanto al progetto e al programma di costruzione e fruizione, deve essere conforme alle esigenze della struttura entro cui viene realizzato e/o utilizzato; nel primo caso la sua fungibilità deve essere commisurata sulla base dell'Ente che lo produce (es.: massimizzazione del profitto aziendale, ecc.), nel secondo caso la fungibilità deve essere riferita all'impatto positivo della fruizione sulle aspettative dell'utente (regolarità del servizio, ecc.).

2.3. Riassumendo, dunque, le considerazioni che precedono, si può affermare che  *la fruibilità*  del manufatto sussiste ove nel manufatto coesistano:

- *la funzionalità*

- *la fungibilità*.

Un manufatto può essere non fruibile per mancanza di funzionalità (*guasto*) o per mancata rispondenza alle esigenze che qualificano la fungibilità ("*fuori servizio*"); in quest'ultimo caso, si farà riferimento, a seconda dei casi, a *fuori servizio* per non conformità con le norme di Legge, con la normativa tecnica, con i canoni estetici e/o socio-culturali nelle loro diverse accezioni, od anche in relazione ai criteri di valutazione economica, ecc.

2.4. In termini di analisi tecnica, i rischi sono da valutarsi in relazione alla perdita di fruibilità del manufatto; è per questa ragione che si è ritenuto necessario formulare la digressione contenuta nei precedenti paragrafi.

------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. CHE COSA E' IL RISCHIO.

3.1. Alla definizione di rischio concorrono concetti, assai diversi tra loro, ciascuno afferente ad una delle molteplici articolazioni concomitanti, relative ciascuna ad una diversa prospettiva, dalla quale il problema deve essere affrontato.

3.2. In primo luogo, va precisato che **il rischio presuppone un danno**: ragionando in termini puramente economici (quelli nei quali, storicamente, il problema è stato posto la prima volta), il danno viene qui definito come la differenza dei valori di un bene, prima e dopo un sinistro.

Nella fattispecie, se al valore si attribuisce una connotazione meramente economica, tale definizione non può essere considerata esaustiva, perché il principio informatore della attuale giurisprudenza, e con essa, delle Direttive CEE, conferisce alla materia una estensione che trascende tale dimensione.

Così tale definizione va generalizzata adottando una formulazione che allarga  *il concetto di danno dai soli termini relativi al valore (economico) a quelli inerenti al possesso di tutti quegli attributi che concorrono a definire la sfera dei diritti della persona* e che , sul piano etico e giuridico, non sono sempre ed esclusivamente quantizzabili secondo parametri monetari e/o economici di altro genere.

3.3. La dimensione del danno viene allora ad estendersi in ambiti, nei quali il valore ha un significato più’ampio di quello al quale si è fatto cenno; la sua entità si può pertanto esprimere, in forma generalizzata, secondo termini anche diversi da quelli che commisurano il valore (economico) fino a comprendere unità di misura completamente diverse.

Secondo tale ottica, la nozione di danno assume genericamente un aspetto intensivo detto **MAGNITUDINE**, il cui significato, nelle diverse accezioni del problema, deve essere definito di volta in volta, tenendo presente le finalità che si perseguono in ordine all'impiego della quantificazione in atto.

3.4. La **MAGNITUDINE** del danno ha dunque una connotazione articolata, nella quale i suoi vari aspetti sono ispirati ai criteri adottati per il singolo problema; essa deve pertanto, di volta in volta, essere definita, sia quanto a definizione di contenuti, sia quanto ai criteri della sua espressione quantitativa,

Se ci si limita a certi aspetti meramente economici, la MAGNITUDINE del danno può essere assunta secondo valori monetari assegnati, mentre, operando in ottiche diverse, è necessario ricorrere a grandezze aventi significati da stabilire in relazione ai contesti di riferimento.

*3.5. Qualche esempio illustrativo relativi a quest'ultimo caso può essere sufficientemente significativo: in campo assicurativo, ad esempio, dovendo operare classificazioni di tipo statistico, è larga consuetudine valutare il danno in una azienda assumendo come unità di misura il fatturato (annuale) ed attribuendo alla magnitudine valori convenzionali definiti nei seguenti termini (riferiti alla suddetta unità):*

1. trascurabile: se il danno è inferiore allo 0,1%

2. modesto: se il danno è compreso tra lo 0,1% e lo 1%

3. moderato: se il danno è compreso tra l'1% e il 5%

4. consistente: nei limiti di 5% e 20%

5. grave: nei limiti di 20% e 50%

6. catastrofico: se il danno supera il 50%

Tra le varie classificazioni adottate, si fa spesso distinzione tra danni a carattere individuale, che coinvolgono cioè una o comunque solo alcune persone, e danni di gruppo o collettivi.

Questi ultimi spesso, in analogia con quanto sopra menzionato, vengono quantificati con magnitudine collegata al numero delle persone lese, con classi riferite ad una scala logaritmica. Quanto ai danni di tipo individuale, la magnitudine dell'evento dannoso viene spesso legata alla entità delle lesioni personali, secondo criteri legati all'ottica della efficienza fisica; in tal caso, espressivi appaiono le valutazioni mutuate da altri ambiti di interesse. Secondo i criteri della normativa antinfortunistica, ad esempio, una quantificazione della magnitudine di un danno a livello individuale potrebbe essere proposta secondo le seguenti linee essenziali:

MAGNITUDINE DESCRIZIONE DEL DANNO FISICO

**0,1-0,3 prognosi da 1 a 3 giorni**

**0,4-0,5 prognosi da 4 a 15 giorni**

**0,6 danno reversibile con prognosi =16 giorni**

**0,7-0,8 invalidità permanente parziale della mano o del piede o di loro parti**

**0,9 invalidità permanente del corpo con grave infermità**

**1,0 invalidità permanente totale.**

**(x) morte.**

Quanto all'ultimo termine viene qui riportato il (x) per segnalare un problema che non sembra ancora sufficientemente maturo per una soluzione; se è, infatti, vero che, a titolo di riferimento qui menzionato con le più' ampie riserve, nella bibliografia americana di argomento assicurativo, la magnitudine dell'evento mortale viene commisurata come una invalidità temporanea di durata convenzionale (in alcune fonti si parla di 6000 giorni), è pur vero che una quantificazione di questo tipo appare, nel quadro legislativo attuale, sempre discutibile.

3.6. E' nozione intuitiva come, soggettivamente, sussista il convincimento che la indesiderabilità di un evento dannoso sia legato non solo alla sua magnitudine, ma anche all’attesa che il soggetto percepisce della eventualità del suo verificarsi.

3.6.1. Mentre in ambito strettamente personale tale percezione è legata a valutazioni solo in parte legate ad analisi obiettive, una stima quantitativa svincolata, per quanto possibile, dai fattori emozionali, inevitabilmente coinvolti nella sfera individuale, viene affidata normalmente alla probabilità dell'accadimento dell'evento che genera il danno.

Pertanto, come altro fattore che concorre a definire il rischio, viene assunta la probabilità che l'evento dannoso si verifichi. Tale probabilità può essere quantificata in diversi modi e sostanzialmente deriva da considerazioni statistiche sia oggettive sia soggettive.

3.6.2. Da un punto di vista oggettivo, la fonte cui si ispirano le stime della probabilità è il postulato secondo cui gli accadimenti in un sistema osservato si ripetano esattamente in un secondo sistema che si ritiene conforme al primo; concettualmente si può affermare che la probabilità di un evento è la proiezione al futuro dei risultati di osservazioni pregresse, nella ipotesi, sopra ricordata, che il sistema, su cui la proiezione viene effettuata, abbia lo stesso comportamento del sistema su cui le osservazioni sono state svolte.

3.6.3. E' importante ricordare che le valutazioni probabilistiche di cui si parla vanno considerate con precisi riferimenti temporali: se la base di riferimento si allunga, la probabilità totale dell'evento dannoso tende a diventare unitaria, in quanto si può postulare che qualsiasi evento dannoso può accadere, se si ha *la pazienza* di attenderlo.

3.6.4. *Qualche considerazione statistica può essere utile nel configurare gli aspetti probabilistici di taluni eventi dannosi di tipo aleatorio. Se ci si riferisce, ad esempio, alle cause di morte accidentale (cadute, folgorazione, incendi, scoppi ed altri incidenti domestici, incidenti stradali, ecc.) la probabilità generalmente riferita dalle statistiche varia a seconda della esposizione dei soggetti: nell’esperienza di vita quotidiana dei Paesi industrializzati, si stima un ordine di grandezza di 0,00005 (5.10-5) anni-1, cifra che scende sotto lo 0,00001 (10-5) ove si considerino eventi afferenti la sola sfera domestica e allo 0,000001 ( 10-6 anni-1) come rischio di mortalità per soli eventi naturali.*

In campo industriale, valutazioni inglesi, effettuate alcuni anni fa, relative di eventi mortali, aventi come base temporale 100.000.000 ore (esposizione di 1000 persone per l'intera vita lavorativa) davano valori pari a 4 nell'industria chimica, 7 per l'industria meccanica pesante, 1,3 per l'industria automobilistica. Nell’attività mineraria, la probabilità di morte, per incidenti connessi con l'attività lavorativa e l'ambiente in cui questa si svolge, è stata stimata, su base annua*, dell'ordine di 0,003, mentre quella di evento fatale per pneumoconiosi è addirittura tre volte maggiore.*

Molto significative, per quel che attiene al traffico stradale, sono le stime provenienti da varie fonti che indicano come le probabilità di eventi fatali in questo ambito siano molto più alte; qui comunque ci si limita a menzionare che la significatività della magnitudine del danno è fortemente influenzata dall'ambito di pertinenza spazio-temporale (unità di percorrenza, volume di traffico, ecc.).

3.7. **DEFINIZIONE DI RISCHIO.** Nei precedenti paragrafi sono stati definiti i termini essenziali che compaiono nell’analisi del rischio e in, altre parole, la magnitudine del danno e la probabilità del suo verificarsi. La combinazione di questi due parametri nella definizione di rischio si presenta generalmente nei seguenti termini:

( 1 ) R = P \* Mn

dove R è il rischio, P la probabilità dell'evento, M la sua magnitudine e lo esponente n una costante numerica.

Quando il problema abbia una connotazione meramente economica, nella (1) M è il danno in termini monetari e nella stessa relazione si assume n = 1 , sempre che il rischio sia correlato ad eventi riguardanti la sola sfera individuale.

Ove l'evento dannoso coinvolga la dimensione collettiva, la magnitudine viene a volte definita con altri parametri: all'esponente n è allora spesso assegnato un valore maggiore di 1,0 (per esempio 1,5 o addirittura 2,0) per significare la rilevanza proporzionalmente maggiore derivante da un impatto su ambiti allargati.

3.8.1. Gli interventi diretti a contenere il rischio possono essere orientati a modificare i fattori che concorrono a definirne l'ammontare: si parla pertanto di

- *protezione* con riferimento all'insieme di strumenti e mezzi diretti a ridurre la magnitudine del danno, nell'ipotesi che gli eventi paventati abbiano comunque luogo; la efficacia della protezione è commisurabile sulla base di fattore moltiplicativo **m <1** del termine M;

- *prevenzione* con riferimento all'insieme di strumenti e mezzi diretti ad evitare per quanto possibile l'insorgere del danno e cioè a ridurre la probabilità dell'evento dannoso. La efficacia della prevenzione è evidenziabile mediante un altro fattore moltiplicativo **p < 1** del termine P.

3.8.2. Ciò premesso, il rischio R, espresso dalla (1), assume la forma

1. R = (p\*P) \* (m\*M)n

ovvero

(3) R = G \* P \* Mn = G \* Ro

con Ro = P \* Mn rischio *originario* (cioè nell'ambito del sistema privo di mezzi di protezione e di prevenzione) e G un fattore numerico che esprime la riduzione del rischio dovuta alla introduzione dei mezzi di protezione e prevenzione adottati.

3.9. Per dare un inquadramento meno astratto alla nozione di rischio, si può considerare un evento prestabilito avente una magnitudine M = X, che abbia probabilità di accadimento P = 1/X; in tale ipotesi, risulta R' = 1 ; la scala dei rischi allora diventa espressa da un numero che rapporta il rischio di una qualsiasi situazione a quello dell'evento assegnato.

*Per esempio, se nella scala delle magnitudini di pag.6 si assume come riferimento la magnitudine 1 ( invalidità permanente di una persona) per una probabilità pari ad 1 (certezza nell'ambito annuale), il rischio R espresso dalla (1) risulta commisurato a quello che compete alla* certezza *del danno suddetto; R = 0,001 significherebbe in tal caso un entità del rischio pari all'uno per mille del rischio paradigmatico; tale procedimento può essere utile per avere un riferimento intuitivo della entità reale del rischio.*

---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**4.IL RISCHIO COME FATTORE TECNICO.**

4.1. La applicazione più immediata delle suddette considerazioni può essere prospettata su due diversi piani:

*- il piano delle scelte progettuali e delle strategie operative;*

- il piano della assunzione di responsabilità nei riguardi della Collettività e dei terzi.

4.1.1. Per quel che attiene le scelte progettuali e delle strategie operative, il bilancio costi-benefici da implementare ha connotazione tecnico-economica e si basa sostanzialmente sui parametri esprimenti da un lato ("*benefici*") la realizzazione delle finalità dell'Ente che gestisce il manufatto e dall'altro lato ("*costi*") l'esborso di risorse richiesto per il conseguimento dei *benefici*.

Con riferimento ai vincoli di tipo istituzionale che condizionano la *fruibilità'*, si menziona che per un Ente di tipo privatistico, agente in una economia di mercato, le finalità perseguite sono generalmente definibili come *massimizzazione del profitto* ; per Enti di natura non privatistica, ovviamente, le finalità perseguite possono essere anche sensibilmente diverse; il tutto comunque va inquadrato nell'ambito dei vincoli imposti dal quadro che definisce i contenuti della *fungibilità* .

4.1.2. Tenute presenti le considerazioni che precedono,  *il rischio deve essere annoverato tra i termini che concorrono a definire il costo*; trattasi, nella fattispecie, di un costo avente connotazione  *virtuale*, non diversamente da quanto avviene per quegli oneri *invisibili* rappresentati dalle garanzie assicurative eventualmente non coperte; il rischio dunque non può non essere attentamente valutato ai fini delle scelte progettuali e/o operative di costruzione e gestione.

4.1.3. Quanto alla assunzione di responsabilità verso la Collettività e verso i terzi la materia va inquadrata nell'ambito dei vincoli imposti dalle Leggi; senza entrare nel merito di temi che , nei loro aspetti principali, esulano dalla sfera tecnico-economica, si può menzionare che, nell'ottica della normativa nazionale vigente e nelle prospettive che si stanno delineando in ambito CEE, la *fungibilità* dei manufatti è subordinata alla sussistenza dei requisiti essenziali di *sicurezza*, i quali sono ispirati al principio della  *minimizzazione del rischio* , nel contesto delle esigenze  *della fattibilità tecnologica e della concreta attuabilità delle scelte progettuali, costruttive e gestionali, inerenti al problema*.

4.1.4.Nella fattispecie, anche se manca al riguardo una concorde interpretazione dei margini di pertinenza, la *fattibilità tecnologica* dovrebbe essere commisurata al livello delle conoscenze e dei processi industriali operanti nel settore, mentre la *concreta attuabilità* riguarderebbe piuttosto la realizzabilità in termini operativi valutata secondo i processi e le procedure previsti nella applicazione specifica.

In tali condizioni, la valutazione del rischio costituisce un termine quantitativo indispensabile per dare contenuto concreto alla natura sostanzialmente comparativa del dettato di Legge, nel senso che *tra soluzioni diverse tutte garantenti prestazioni tecnologicamente fattibili e concretamente attuabili*, la unica che in linea di principio soddisfa ai requisiti di Legge è quella che minimizza il rischio.

4.2. L'aspetto sostanzialmente comparativo dei termini rispetto ai quali viene commisurata la assunzione di responsabilità costituisce uno dei problemi più acuti nella interpretazione della Legge e, conseguentemente, nella acquisizione della certezza del Diritto.

Il livello di rischio che la Collettività deve assumersi nei riguardi delle tecnologie deve, è vero, essere commisurato sull'impegno della minimizzazione del rischio, ma, a parere dei Relatori, non può non prescindere dalla presa di coscienza che non dovrebbe essere lecito superare valori massimi ammissibili, da prefissarsi oggettivamente sulla base di precise indicazioni della coscienza collettiva: così dunque sarebbero direttamente da proscrivere attività che comportassero rischi superiori a tali eventuali livelli ammissibili.

A fronte di tale considerazione, la liceità dei limiti di rischio commisurata al cosiddetto "*rischio zero*", cui spesso la Giurisprudenza si riferisce, richiede una realistica definizione di tale termine; fermo restando il fatto che, sul piano generale, non è possibile postulare la nullità del rischio (cfr. il par. 7.4.), si potrebbe identificare una soglia minima di significatività di tale parametro, facendo riferimento ai livelli di probabilità di eventi riguardanti la aleatorietà casuale e comunque alle approssimazioni delle stime probabilistiche consentite dalle conoscenze e dalle strutture operative; ciò significa che un rischio potrebbe essere considerato convenzionalmente nullo se la sua probabilità fosse contenuta in un intervallo di valori inferiori ad un limite minimo convenzionalmente considerato come lo *zero di riferimento*.

4.3. Da quanto si è detto, tutto ciò comporterebbe la identificazione di due soglie di ammissibilità:

*- una soglia massima di ammissibilità* ***del rischio*** *che dovrebbe identificare* il massimo rischio compatibile con le attività lecite;

*- una soglia minima* di ammissibilità **della probabilità della totalità degli eventi dannosi, concorrenti alla formazione del rischio,** che dovrebbe identificare **il limite convenzionale del "rischio zero"**.

Ovviamente, la sussistenza del rischio nell'ambito intermedio dovrebbe comportare le verifiche di ammissibilità previste dalla vigente Legislazione: al riguardo si menziona che, in molti casi, specie in materia di sicurezza a livello collettivo, è stato introdotta una

*- soglia di attenzione concernente rischi di natura specifica,*

soglia questa che sarebbe da porre in relazione alla eventuale attuazione di interventi di protezione e prevenzione tendenti a mantenere il rischio entro ambiti ammissibili.

4.4. Non si ritiene qui procedere ad ulteriori sviluppi degli argomenti prospettati, se non per indicare che mentre per il primo caso le valutazioni vanno commisurate alle esigenze specifiche, secondo criteri che attengono a scelte di ordine politico generali, per il secondo caso valori compatibili con le esigenze, anche formali, della Legislazione vigente dell'ordine di 10-6 anni-1 sembrano potersi configurare come sufficientemente espressivi della definizione convenzionale di "rischio zero".

*Una tale valutazione potrebbe d'altra parte fornire utili elementi di riferimento per quella che è l'assunzione delle responsabilità delle Autorità Pubbliche, preposte alla sorveglianza e comunque al presidio delle esigenze di sicurezza*.

----------------------------------------------------------------

5. IL TEMA DELLA SICUREZZA .

5. Qualche considerazione a parte meritano le questioni inerenti alla sicurezza, tema questo rispetto al quale, a seguito dell'impatto esercitato dalla emanazione delle normative CEE, va commisurata una vasta parte della problematica del rischio.

5.1. Si premette che, nella normativa europea, la sicurezza è stata introdotta in un ambito di compromesso tra l'assenza di pericoli e le esigenze proprie di un prodotto, di un processo o di un servizio. Più' precisa e pertinente, per le considerazioni che vengono qui svolte, appare la definizione data da ISO/IEC (cfr.: Guide 2:1986,def.2.5) secondo cui, ai fini della formulazione di norme tecniche,***la sicurezza è assenza di rischio inaccettabile di danni.***

***A quest'ultimo riguardo, pertinenti appaiono le considerazioni svolte nel precedente paragrafo 6.4.***

5.2. Oggetto principale della normativa europea è la definizione di una filosofia generale per la impostazione di procedure finalizzate alla eliminazione o, comunque, al contenimento dei rischi inerenti l'impiego delle *macchine* e dei  *componenti di sicurezza*;

con il termine *macchina* si intende "*un insieme di pezzi o di organi, di cui uno almeno mobile, collegati tra loro, e eventualmente con azionatori, con circuiti di comando e di potenza, ecc. connessi solidamente per una applicazione ben determinata, segnatamente per la trasformazione, il trattamento, lo spostamento ed il condizionamento di un materiale.*"

E ancora, come *componente di sicurezza* si definisce "*un componente , purché non sia una attrezzatura intercambiabile, che il fabbricante .... immette sul mercato allo scopo di assicurare .... una funzione di sicurezza e il cui guasto o malfunzionamento pregiudicano la sicurezza e la salute delle persone esposte*."

Mentre va preliminarmente osservato che in molti casi, tra cui quello degli impianti funiviari, la pertinenza diretta della DIRETTIVA MACCHINE cui si fa qui riferimento è esclusa, si sottolinea che i principi ispiratori della DIRETTIVA delineano un quadro di riferimento concettuale entro cui gli orientamenti relativi allo studio della sicurezza e la analisi del rischio si stanno maturando.

5.3. Quanto all'ambito della normativa comunitaria, si ricorda che (***cfr.: CEN - CENELEC : Memorandum N.9 - Guidelines for inclusion of safety aspects in standards , 1994/06*** ) *"il concetto di sicurezza è strettamente legato alla nozione di salvaguardia della integrità delle cose e delle persone."*

5.4. Quanto ai contenuti che la normativa europea assegna allo studio dei problemi di sicurezza, si menziona ancora che, *partendo dal presupposto che la sicurezza assoluta (e cioè la situazione di rischio zero) non è possibile*, esso assume due aspetti fondamentali tra loro complementari:

*- valutazione del rischio*

- giudizio sulla sicurezza

Il primo tema è quello che forma oggetto della presente relazione.

-----------------------------------------------------------------------------------------------

6. PROBLEMATICHE TECNICHE LEGATE AL RISCHIO.

Viene qui delineata una breve rassegna di problemi legati alla analisi del rischio.

6.1. **PROBLEMATICHE PROGETTUALI DI COMPONENTE:** di solito hanno come oggetto la architettura e le scelte progettuali delle sue parti; gli obiettivi perseguiti riguardano, da un lato, la minimizzazione del rischio compatibilmente con la fattibilità tecnologica e la concreta attuabilità (in concreto con le esigenze realizzative imposte dal mercato, nel rispetto dei vincoli di Legge), e, nell'ambito di questa impostazione, il dimensionamento che, caeteris paribus, garantisce la realizzazione dei fini della Azienda Costruttrice. Le procedure seguono tre vie distinte, ma concorrenti allo stesso fine:

- da un lato, le scelte di architettura generale di progetto (ivi compresa la tipizzazione del prodotto), non possono non tener conto dei fattori di prevenzione del danno e quindi del contenimento indiretto del rischio;

- da un altro lato, le scelte dei parametri progettuali tendono alla ripartizione dei rischi uniformemente su tutti i componenti del sistema;

- da un terzo lato, le procedure tecnologiche, specie se ispirate ai criteri di GARANZIA DELLA QUALITA' forniscono lo strumento per la minimizzazione delle quote di rischio inerenti alla costruzione e quindi costituiscono il veicolo per un ulteriore incremento dei contenuti tecnici del prodotto e quindi del suo valore commerciale.

Interventi di costo relativamente poco incisivi, potrebbero avere rilevanze comparativamente elevate sui rischi di guasto e sulle sue prestazioni in esercizio; risparmi sulla manutenzione programmata (legata appunto ai rischi di guasto) anche di 1 giorno/anno, potrebbero garantire forti contenimenti del rischio economico annuale e/o totale.

6.2. **PROBLEMATICHE PROGETTUALI DI IMPIANTO:** di solito riguardano scelte relative all’adozione del manufatto tra varie opzioni; in tale procedimento, molto spesso accade che i rischi inerenti alla sicurezza (e quindi la assunzione di responsabilità di fronte alla Legge) siano, nell'ambito delle soluzioni esaminate, di uno stesso ordine di grandezza (e quindi non risolutivi nei processi decisionali; se così non fosse il criterio di minimizzazione del rischio non consentirebbe alternative), il danno economico appare assai importante perché il suo ammontare, avente come componente importante se non prevalente la situazione di *fermo impianto*, è fortemente incisivo rispetto ai costi di acquisto ed installazione ad alle altre spese di esercizio.

Con riferimento all'esempio più avanti riportato, 2 riduttori che avessero probabilità di guasto rispettivamente di 8 e 10 giorni/anno, riferiti a danni di 5 ML/giorno, comporterebbero una differenza di rischio pari a 10 ML/anno, il che, proiettato su una durata di 20 anni, comporterebbe un ammontare dello stesso ordine di grandezza del prezzo dei riduttori.

6.3. **PROBLEMATICHE COSTRUTTIVE DI IMPIANTO:** riguardano la impostazione e la realizzazione di opere di protezione e prevenzione tese a ridurre l'ammontare dei rischi di varia origine: comunque in questo ambito l'adozione di procedure per un posizionamento corretto ed una adeguata sistemazione di montaggio della installazione può essere studiata per un sensibile contenimento dei rischi.

6.4. **PROBLEMATICHE DI GESTIONE:** riguardano la conduzione dell’impianto e vanno riferite alla sua migliore conservazione e funzionalità; i rischi di riferimento vanno naturalmente elencati e definiti ed è rispetto al loro ammontare che va impostata la strategia operativa in grado di ottimizzare il bilancio costi-benefici.

6.5. **PROBLEMI INERENTI LE SICUREZZA:** riguardano la liceità dell'impiego di componenti e sistemi costruttivi e progettuali di adeguate caratteristiche prestazionali da commisurare in ordine alla esigenza di garantire adeguati margini di sicurezza. A questo proposito, la normativa vigente è impostata sul principio di valutare la idoneità delle soluzioni impiegate commisurandole alla ipotesi che esse siano in grado di *resistere* a carichi congruamente maggiorati rispetto quelli realmente prevedibili in esercizio; in tal modo il problema della ammissibilità del rischio viene aggirato e indirettamente risolto ammettendo che i margini di *resistenza* imposti siano sufficienti a contenere i rischi entro i valori ritenuti ammissibili.

La conformità dei presidi costruttivi adottati in relazione alla normativa tecnica definisce l'ambito entro cui si inquadra il problema della valutazione delle corrette assunzioni di responsabilità di tutti i soggetti che concorrono alla realizzazione ed alla gestione dei manufatti; in realtà, va osservato che il collegamento tra margini di sicurezza e livelli di rischio andrebbe verificato con analisi specifiche caso per caso, secondo algoritmi che, al momento, non sono disponibili , ma che è auspicabile che vengano elaborati in forma oggettiva.

**7.UN ESEMPIO DEI PROBLEMI DELL'ESPERIENZA OPERATIVA**

7.1. Viene qui proposto un breve esempio di come la analisi del rischio possa comportare importanti ricadute di tipo economico nel quadro della progettazione e della gestione di un componente di impianto funiviario: per evitare un eccessivo ampliamento della trattazione, si parlerà qui del solo riduttore di velocità interposto tra il gruppo di azionamento e la puleggia motrice .

7.2.1. Una analisi del rischio del riduttore parte dalla elencazione dei possibili guasti, del loro livello probabilistico e del danno da essi provocato; poiché una procedura previsionale attendibile di tale questione richiederebbe una ulteriore elaborazione, incompatibile coi limiti imposti a questo intervento, ci si limita qui ad una sommaria trattazione che parte con la formulazione di una grossolana (e forzatamente incompleta) classificazione, il cui scopo è quello di fornire materia per la esemplificazione che si porta avanti.

7.2.2. Una statistica di riferimento è stata fornita da una importante azienda meccanica italiana e riassume le esperienze condotte nell'arco di un quindicennio nella installazione ed esercizio di 180 riduttori su impianti di diversa rilevanza (ma comunque per il 50% classificabili come impianti di arroccamento). In base ad una analisi dei dati così acquisiti, si perviene alla seguente statistica (da intendersi naturalmente contenuta nei limiti descritti nel par.7.2.1):

*- ingranaggi: cedimenti per usura, fatica, grippaggio.*

probabilità: 0,08/anno

danno economico:10 %

rischio annuo : 6 ML /anno

rischio totale: 120 ML

- *alberi : cedimento per fatica*

probabilità: 0,005 /anno

danno economico: 2 %

rischio annuo : 0,1 ML /anno

rischio totale: 1,5 ML

- *cuscinetti : grippaggio per fatica, per insufficiente lubrificazione, ecc.*

probabilità: 0,128 /anno

danno economico: 2 %

rischio annuo : 1,8 ML /anno

rischio totale: 36 ML

- *disfunzioni strutturali: sovraccarichi eccessivi, deformabilità elastica, ecc.*

probabilità: 0,08/anno

danno economico: 10%

rischio annuo : 6 ML /anno

rischio totale: 120 ML

- *errore umano di vario tipo: cedimenti imprecisati*

probabilità: 0,01/anno

danno economico: 5%

rischio annuo : 0,4 ML /anno

rischio totale: 7,5 ML

- *errori di montaggio e geometrici:*

probabilità: 0,08/anno

danno economico: 10%

rischio annuo : 6 ML /anno

rischio totale: 120 ML

A titolo di chiarezza, si menziona che il rischio è stato conteggiato assumendo una base convenzionale di 750 ML/anno comprensiva degli oneri di gestione e del mancato introito dovuto alle operazioni di ripristino della fruibilità del sistema. Le cifre esposte, oltre a fornire un quadro delle possibili fonti di disfunzione e della loro relativa incidenza, forniscono interessanti informazioni anche sulla entità del rischio globale; una stima di quest'ultimo richiederebbe una ulteriore analisi approfondita e la determinazione dei parametri finanziari più significativi: un ordine di grandezza grossolano si può acquisire sommando i vari termini sopra elencati, il che ci conduce ad una stima annua di circa 20 ML e ad una stima globale (per una vita di 20 anni) pari a oltre 400 ML.

Queste cifre hanno particolare significativi se confrontate col prezzo di vendita dei riduttori, prezzo che non eccede i 300 ML.

-----------------------------------------------------------------

Milano, luglio-ottobre 1997.

Indirizzo dell’autore

Prof. dott. ing. Giorgio Paolini

Politecnico di Milano

Via Bonardi, 9

**I-20133-MILANO**

tel. ++39-2-2399 4733

fax: ++39-2-7063 8377